

BD

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-013443

(43)Date of publication of application : 19.01.2001

(51)Int.Cl. G02B 26/10
B81B 3/00
G02B 26/08

(21)Application number : 11-183253

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 29.06.1999

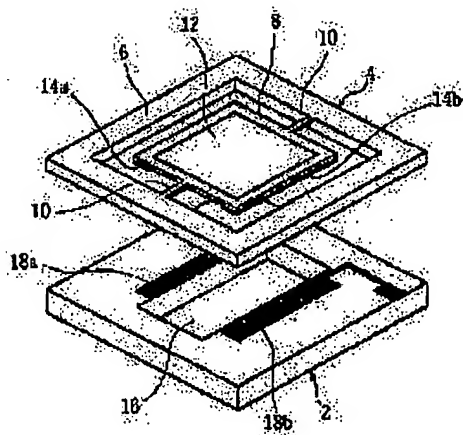
(72)Inventor : UEDA TOMOSHI
OKUDA HISAO

(54) GALVANOMICROMIRROR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to well prevent the occurrence of dumping while suppressing the increase of a production cost as far as possible.

SOLUTION: This galvanomicromirror has a mirror substrate 4 including a frame-shaped base part 6, a mirror part 8 which is formed with a mirror surface 12 for reflecting light to one main surface and is formed with electrode plates 14a and 14b on the other main surface and a torsion bar part 10 which connects the base part 6 and the mirror part 8 and supports the mirror part 8 turnably at a prescribed angle range, and an electrode substrate 2 which is formed with electrode plates 18a and 18b facing the electrode plates 14a and 14b. The mirror part 8 is turned by electrostatic attraction force at a very small angle around the axis of the torsion bar part 10 by impressing voltage between the electrode plates 14a and 14b and the electrode plates 18a and 18b. In such a case, a through-hole 16 penetrating the electrode substrate 2 in its thickness direction is formed in part of the electrode substrate 2, which surface faces the mirror part 8.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.01.2007

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3993343

[Date of registration] 03.08.2007

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2007-006165

[Date of requesting appeal against examiner's 01.03.2007
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A frame-like base and the mirror section by which the mirror side which reflects light in one principal plane was formed, and the 1st electrode was formed in the principal plane of another side, The mirror substrate containing the torsion-bar-spring section which connects said base and said mirror section, and supports said mirror section rotatable in the predetermined include-angle range, By having the electrode substrate with which the 2nd electrode which counters said 1st electrode was formed, and impressing an electrical potential difference between said 1st electrode and said 2nd electrode It is the GARUBANO micro mirror which carries out minute include-angle rotation of said mirror section with electrostatic attraction at the circumference of the axis of said torsion-bar-spring section. The GARUBANO micro mirror characterized by forming the through tube which penetrates said electrode substrate in the thickness direction to a part of opposed face with said mirror section of said electrode substrate.

[Claim 2] A frame-like base and the mirror section by which the mirror side which reflects light in one principal plane was formed, and the 1st electrode was formed in the principal plane of another side, The mirror substrate containing the torsion-bar-spring section which connects said base and said mirror section, and supports said mirror section rotatable in the predetermined include-angle range, By having the electrode substrate with which the 2nd electrode which counters said 1st electrode was formed, and impressing an electrical potential difference between said 1st electrode and said 2nd electrode It is the GARUBANO micro mirror which carries out minute include-angle rotation of said mirror section with electrostatic attraction at the circumference of the axis of said torsion-bar-spring section. In the location which forms the 3rd electrode in one principal plane of said mirror section, and does not interrupt the incident light and the reflected light to said mirror side The GARUBANO micro mirror which forms the supporter relatively fixed to said electrode substrate and said mirror substrate, and is characterized by forming the 4th electrode which counters said 3rd electrode at said supporter.

[Claim 3] The GARUBANO micro mirror according to claim 2 in which the through tube which penetrates said electrode substrate in the thickness direction to a part of opposed face with said mirror section of said electrode substrate was formed.

[Claim 4] said through tube centers on the axis of said torsion-bar-spring section -- the according to claim 1 or 3 GARUBANO [it is mostly formed in the configuration of axial symmetry, and said 2nd electrode consists of one pair of electrode plates, and / location / of said through tube / surrounding / by which it is mostly formed in the configuration of axial symmetry] micro mirror centering on the axis of said torsion-bar-spring section.

[Claim 5] Said 1st electrode, said 2nd electrode, said 3rd electrode, and said 4th electrode It consists of one pair of electrode plates, respectively. Said one pair each of electrode plates One electrode plate and the electrode plate of another side are divided into the both sides of the axis of said torsion-bar-spring section, and are arranged. Each electrode plate of said 1st electrode,

and each electrode plate of said 3rd electrode [whether an electrical potential difference is impressed to one electrode plate of said 2nd electrode, and the electrode plate of another side of said 4th electrode by connecting electrically mutually at coincidence, and] Or the GARUBANO micro mirror according to claim 2 to 4 which makes running torque act on said mirror section by impressing an electrical potential difference to the electrode plate of another side of said 2nd electrode, and one electrode plate of said 4th electrode at coincidence.

[Claim 6] Said 1st electrode, said 2nd electrode, said 3rd electrode, and said 4th electrode It consists of one pair of electrode plates, respectively. Said one pair each of electrode plates One electrode plate and the electrode plate of another side are divided into the both sides of the axis of said torsion-bar-spring section, and are arranged. Each electrode plate of said 2nd electrode, and each electrode plate of said 4th electrode [whether an electrical potential difference is impressed to one electrode plate of said 1st electrode, and the electrode plate of another side of said 3rd electrode by connecting electrically mutually at coincidence, and] Or the GARUBANO micro mirror according to claim 2 to 4 which makes running torque act on said mirror section by impressing an electrical potential difference to the electrode plate of another side of said 1st electrode, and one electrode plate of said 3rd electrode at coincidence.

[Claim 7] The GARUBANO micro mirror according to claim 2 to 6 considered as the configuration offset by the component of a force of a direction parallel to said mirror section of the electrostatic attraction which the component of a force of a direction parallel to said mirror section of the electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between said 1st electrode and said 2nd electrode produces by impressing an electrical potential difference between said 3rd electrode and said 4th electrode.

[Claim 8] The GARUBANO micro mirror according to claim 1 which formed the stopper which regulates rotation of said mirror section in the predetermined range, and prevents contact to said 1st electrode and said 2nd electrode.

[Claim 9] The GARUBANO micro mirror according to claim 2 to 7 which regulated rotation of said mirror section in the predetermined range, and formed the stopper which prevents the contact to said 1st electrode and said 2nd electrode, and contact to said 3rd electrode and said 4th electrode.

[Claim 10] Said stopper is a GARUBANO micro mirror according to claim 8 or 9 which protrudes on said electrode substrate.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is used for an optical disk unit etc., and relates to the GARUBANO micro mirror of the electrostatic drive method which controls the exposure location of a light beam.

[0002]

[Description of the Prior Art] The GARUBANO micro mirror of the conventional general electrostatic drive method is indicated by "silicon toe SHONARU scanning mirror (Silicon Torsional Scanning Mirror)" (IBM J.RES.and DEVELOP., Vol.24, No.5, Sep.1980). This GARUBANO micro mirror is equipped with the electrode substrate 100 and the mirror substrate 102 located on it as shown in drawing 12 and drawing 13. The mirror substrate 102 connected the frame-like base 104, the mirror section 106 by which mirror side 106a was formed in one principal plane, and a base 104 and the mirror section 106, and is equipped with the torsion-bar-spring section 108 which supports the mirror section 106 rotatable. The 1st electrode which consists of one pair of electrode plates 110a and 110b is formed in the principal plane of another side of the mirror section 106. The 2nd electrode which becomes the electrode substrate 100 from one pair of electrode plates 112a and 112b which counter the electrode plates 110a and 110b of the 1st electrode is formed. Projection 100a of cross-section Yamagata protrudes on the electrode substrate 100 at one by the shape of a straight line which contacts the mirror section 106, and the ridgeline of this projection 100a meets the axis of the torsion-bar-spring section 108.

[0003] The mirror section 106 rotates this GARUBANO micro mirror in the direction of counterclockwise in drawing 13 with electrostatic attraction by impressing an electrical potential difference between one electrode plate 110a of the 1st electrode, and one electrode plate 112a of the 2nd electrode. Moreover, the mirror section 106 rotates in the direction of clockwise like drawing 13 with electrostatic attraction by impressing an electrical potential difference between electrode plate 110b of another side of the 1st electrode, and electrode plate 112b of another side of the 2nd electrode. the 1st electrode which consists of electrode plates 110a and 110b since such electrostatic attraction is driven more by the low battery from it being proportional to an electrode surface product — the principal plane of another side of the mirror section 106 — it is mostly formed over the whole surface and the magnitude of the electrode plates 112a and 112b of the 2nd electrode was determined according to the magnitude.

[0004] However, it was difficult for damping to occur influenced by the air of viscous which exists between the mirror section 106 and the electrode substrate 100, and to control the mirror section 106 by such general GARUBANO micro mirror correctly and quickly, when the mirror section 106 is driven.

[0005] Then, the GARUBANO micro mirror aiming at mitigation of damping is proposed by forming many slots in an opposed face with the mirror section of an electrode substrate (for example, refer to JP,9-146034,A).

[0006] However, by such GARUBANO micro mirror, since a manufacture process benefits formation of a slot complicated, it will originate in decline in manufacture effectiveness etc., and a manufacturing cost will rise. Moreover, a limitation is in the mitigation effectiveness of damping and damping was not able to be made to mitigate sufficiently good with the configuration which only forms a slot.

[0007] moreover, by the above-mentioned conventional general GARUBANO micro mirror When an electrical potential difference is impressed between one electrode plate 110a of the 1st electrode, and one electrode plate 112a of the 2nd electrode, And when an electrical potential difference was impressed between electrode plate 110b of another side of the 1st electrode, and electrode plate 112b of another side of the 2nd electrode, the mirror section 106 might sideslip by the horizontal component of electrostatic attraction, i.e., the component of a direction parallel to the mirror section 106. Such a sideslip will bring a result to which the posture of the mirror section 106 is changed indefinitely, and it will become impossible to acquire desired control precision.

[0008] Then, while forming the straight line-like slot in alignment with the axis of the torsion-bar-spring section in the principal plane of another side of the mirror section, the lobe of cross-section Yamagata is protruded on an electrode substrate in the shape of a straight line, and the GARUBANO micro mirror which aimed at sideslip prevention of the mirror section is proposed by inserting the lobe of an electrode substrate in the slot of the mirror section (for example, refer to JP,5-119280,A).

[0009] However, it will be necessary to form a slot, a location, a dimension of a lobe, etc. with

high precision, for this reason a manufacturing cost will rise by such GARUBANO micro mirror.
[0010]

[Description of the Invention] It makes it the technical problem to offer the GARUBANO micro mirror which can prevent generating of damping good, this invention being invented under the above-mentioned circumstances, and suppressing the rise of a manufacturing cost as much as possible.

[0011] Furthermore, this invention makes it other technical problems to offer the GARUBANO micro mirror which can prevent a sideslip of the mirror section good, suppressing the rise of a manufacturing cost as much as possible.

[0012] In order to solve the above-mentioned technical problem, the following technical means are provided in this invention.

[0013] The mirror section by which the mirror side which reflects light in a frame-like base and one principal plane was formed according to the 1st side face of this invention, and the 1st electrode was formed in the principal plane of another side, The mirror substrate containing the torsion-bar-spring section which connects a base and the mirror section and supports the mirror section rotatable in the predetermined include-angle range, By having the electrode substrate with which the 2nd electrode which counters the 1st electrode was formed, and impressing an electrical potential difference between the 1st electrode and the 2nd electrode The GARUBANO micro mirror which is a GARUBANO micro mirror which carries out minute include-angle rotation of the mirror section with electrostatic attraction at the circumference of the axis of the torsion-bar-spring section, and is characterized by forming the through tube which penetrates an electrode substrate in the thickness direction to a part of opposed face with the mirror section of an electrode substrate is offered.

[0014] The mirror section by which the mirror side which reflects light in a frame-like base and one principal plane was formed according to the 2nd side face of this invention, and the 1st electrode was formed in the principal plane of another side, The mirror substrate containing the torsion-bar-spring section which connects a base and the mirror section and supports the mirror section rotatable in the predetermined include-angle range, By having the electrode substrate with which the 2nd electrode which counters the 1st electrode was formed, and impressing an electrical potential difference between the 1st electrode and the 2nd electrode It is the GARUBANO micro mirror which carries out minute include-angle rotation of the mirror section with electrostatic attraction at the circumference of the axis of the torsion-bar-spring section. In the location which forms the 3rd electrode in one principal plane of the mirror section, and does not interrupt the incident light and the reflected light to a mirror side The supporter relatively fixed to the electrode substrate and the mirror substrate is formed, and the GARUBANO micro mirror characterized by forming the 4th electrode which counters the 3rd electrode at a supporter is offered.

[0015] According to the gestalt of desirable operation, the through tube which penetrates an electrode substrate in the thickness direction to a part of opposed face with the mirror section of an electrode substrate was formed.

[0016] according to the gestalt of other desirable operations, a through tube centers on the axis of the torsion-bar-spring section — it is mostly formed in the configuration of axial symmetry, the 2nd electrode consists of one pair of electrode plates, and it centers on the axis of the torsion-bar-spring section in the surrounding location of a through tube — it is mostly formed in the configuration of axial symmetry.

[0017] According to the gestalt of other desirable operations, the 1st electrode, the 2nd electrode, the 3rd electrode, and the 4th electrode It consists of one pair of electrode plates, respectively. One pair each of electrode plates One electrode plate and the electrode plate of another side are divided into the both sides of the axis of the torsion-bar-spring section, and are arranged. Each electrode plate of the 1st electrode, and each electrode plate of the 3rd electrode It connects electrically mutually and running torque is made to act on the mirror section by impressing an electrical potential difference to one electrode plate of the 2nd electrode, and the electrode plate of another side of the 4th electrode at coincidence, or impressing an electrical potential difference to the electrode plate of another side of the 2nd

electrode, and one electrode plate of the 4th electrode at coincidence.

[0018] According to the gestalt of other desirable operations, the 1st electrode, the 2nd electrode, the 3rd electrode, and the 4th electrode It consists of one pair of electrode plates, respectively. One pair each of electrode plates One electrode plate and the electrode plate of another side are divided into the both sides of the axis of the torsion-bar-spring section, and are arranged. Each electrode plate of the 2nd electrode, and each electrode plate of the 4th electrode It connects electrically mutually and running torque is made to act on the mirror section by impressing an electrical potential difference to one electrode plate of the 1st electrode, and the electrode plate of another side of the 3rd electrode at coincidence, or impressing an electrical potential difference to the electrode plate of another side of the 1st electrode, and one electrode plate of the 3rd electrode at coincidence.

[0019] According to the gestalt of other desirable operations, the component of a force of a direction parallel to the mirror section of the electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 1st electrode and the 2nd electrode considered as the configuration offset by the component of a force of a direction parallel to the mirror section of the electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 3rd electrode and the 4th electrode.

[0020] According to the gestalt of other desirable operations, the stopper which regulates rotation of the mirror section in the predetermined range, and prevents contact to the 1st electrode and the 2nd electrode was formed.

[0021] According to the gestalt of other desirable operations, rotation of the mirror section was regulated in the predetermined range, and the stopper which prevents the contact to the 1st electrode and the 2nd electrode and contact to the 3rd electrode and the 4th electrode was formed.

[0022] According to the gestalt of other desirable operations, the stopper protrudes on the electrode substrate.

[0023] Generating of damping can be prevented good, suppressing the rise of a manufacturing cost as much as possible, since the through tube which penetrates an electrode substrate in the thickness direction to a part of opposed face with the mirror section of an electrode substrate was formed according to this invention.

[0024] That is, since the thickness of an electrode substrate is fairly large compared with the gap of an electrode substrate and the mirror section, in the comparison with the volume between an electrode substrate and the mirror section, the through tube itself will have the fairly big volume, and since the through tube is open for free passage to the space substantially considered to be the magnitude of infinity, moreover, it can prevent generating of the damping at the time of the drive of the mirror section good. And since a through tube is only formed in an electrode substrate and the complicated manufacture process of forming many slots in the opposed face of an electrode substrate and the mirror section is not required, the rise of a manufacturing cost can be suppressed as much as possible.

[0025] Moreover, according to this invention, the 3rd electrode is formed in one principal plane of the mirror section. Since the 4th electrode which forms the supporter relatively fixed to the location which does not interrupt the incident light and the reflected light to a mirror side to the electrode substrate and the mirror substrate, and counters a supporter at the 3rd electrode was formed The electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 3rd electrode and the 4th electrode Suppressing the rise of a manufacturing cost as much as possible, since the running torque which originates in the electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 1st electrode and the 2nd electrode, and acts on the mirror section is made to increase, a sideslip of the mirror section can be prevented good and, moreover, miniaturization of equipment and reduction of driver voltage can be realized.

[0026] That is, since it becomes possible to offset the component of a direction parallel to the mirror substrate of the electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 1st electrode and the 2nd electrode by the component of a direction parallel to the mirror substrate of the electrostatic attraction produced by impressing an

electrical potential difference between the 3rd electrode and the 4th electrode, a sideslip of the mirror section can be prevented good. Moreover, since the 3rd electrode and the 4th electrode are only formed and it is not necessary to form straight line-like a lobe and a slot in an electrode substrate or the mirror section with high precision, the rise of a manufacturing cost can be suppressed as much as possible. Furthermore, since the running torque which originates in the electrostatic attraction which the electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 3rd electrode and the 4th electrode produces by impressing an electrical potential difference between the 1st electrode and the 2nd electrode, and acts on the mirror section is made to increase, the miniaturization of equipment and reduction of driver voltage are realizable.

[0027] Other descriptions and advantages of this invention will become clearer by detailed explanation given to below with reference to an accompanying drawing.

[0028]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of desirable operation of this invention is concretely explained with reference to an accompanying drawing.

[0029] Drawing 1 is the decomposition perspective view of the GARUBANO micro mirror concerning this invention, and this GARUBANO micro mirror is equipped with the electrode substrate 2 and the mirror substrate 4. The mirror substrate 4 is equipped with one pair of torsion-bar-spring sections 10 which consist of silicon or aluminum, are frames-like, connect the rectangular base 6, the rectangle tabular mirror section 8, and a base 6 and the mirror section 8, and support the mirror section 8 rotatable in the predetermined include-angle range.

[0030] The mirror side 12 is formed in one principal plane of the mirror section 8 with the film of a high reflection factor, and the 1st electrode which consists of electrode plates 14a and 14b of one pair of rectangles is formed in the principal plane of another side of the mirror section 8. The mirror substrate 4 is the configuration of the axial symmetry centering on the axis of the torsion-bar-spring section 10.

[0031] The rectangular through tube 16 and the 2nd electrode which consists of one pair of electrode plates 18a and 18b are formed in the opposed face with the mirror section 8 of the electrode substrate 2. One electrode plate 18a of the 2nd electrode has countered one electrode plate 14a of the 1st electrode, and electrode plate 18b of another side of the 2nd electrode has countered electrode plate 14b of another side of the 1st electrode. A through tube 16 is the configuration of the axial symmetry centering on the axis of the torsion-bar-spring section 10. electrode plate 18a of the 2nd electrode and electrode plate 18b are located near the through tube 16, and center on the axis of the torsion-bar-spring section 10 — it is the configuration of axial symmetry mostly.

[0032] It connects mutually electrically and electrode plate 14a of the 1st electrode and electrode plate 14b are grounded. It insulates mutually electrically and electrode plate 18a of the 2nd electrode and electrode plate 18b are connected to the control unit outside drawing. As for these electrode plates 14a, 14b, 18a, and 18b, the insulating coat is formed in the exposure front face.

[0033] drawing 2 — the top view of the mirror section 8, and drawing 3 — the front view of the mirror section 8 — it is — the mirror side 12 — one principal plane of the mirror section 8 — it is mostly formed over the whole region. Electrode plate 14a of the 1st electrode and electrode plate 14b are formed in the both ends of the principal plane of another side of the mirror section 8 at each **, and are prolonged in the axis of the torsion-bar-spring section 10, and parallel. Electrode plate 14a and electrode plate 14b are the configurations of the axial symmetry centering on the axis of the torsion-bar-spring section 10.

[0034] In this operation gestalt, 2mm of each every direction and the thickness of the dimension of the mirror section 8 are 300 micrometers. The dimension of the torsion-bar-spring section 10 is 50 micrometers in die length of 500 micrometers, width of face of 15 micrometers, and thickness. In the condition that the mirror section 8 is not rotating, the gap of the mirror section 8 and the electrode substrate 2 is 10 micrometers. Die length is [about 2mm and the width of face of the dimension of electrode plate 14a of the 1st electrode and electrode plate 14b] 150 micrometers respectively. The mirror section 8 has whenever [tilt-angle] controlled in about

****0.1 degrees focusing on the axis of the torsion-bar-spring section 10.**

[0035] Next, actuation is explained. If a forward or negative electrical potential difference is impressed to one electrode plate 18a of the 2nd electrode, since one electrode plate 14a of the 1st electrode is grounded, electrostatic attraction acts between electrode plate 14a and electrode plate 18a. Here, since the mirror section 8 is supported by the torsion-bar-spring section 10, the running torque of the direction of counterclockwise will act on the mirror section 8 in drawing 3. Consequently, the torsion-bar-spring section 10 can be twisted and the mirror section 8 rotates in the direction of counterclockwise in drawing 3 focusing on the axis of the torsion-bar-spring section 10. Angle of rotation at this time is determined by the relation between the running torque which originates in electrostatic attraction and acts on the mirror section 8, and the countervailing power of the torsion-bar-spring section 10 which receives that it can twist. That is, angle of rotation of the mirror section 8 becomes so large that the electrical potential difference impressed to electrode plate 18a is high. Therefore, angle of rotation of the mirror section 8 is controllable to arbitration by carrying out adjustable [of the electrical potential difference impressed to electrode plate 18a]. Thus, by controlling angle of rotation of the mirror section 8, the mirror side 12 of the mirror section 8 is made to carry out adjustable [of the reflective direction of the light beam which carries out incidence], and the exposure location of a light beam can be controlled to arbitration.

[0036] When a forward or negative electrical potential difference is impressed to electrode plate 18b of another side of the 2nd electrode so that it may naturally be guessed from the above-mentioned explanation, the mirror section 8 will rotate in the direction of clockwise in drawing 3 focusing on the axis of the torsion-bar-spring section 10.

[0037] Since the gaps between the mirror section 8 and the electrode substrate 2 are very few, when the mirror section 8 rotates, air will compress and expand and damping will occur according to the viscosity of air. Of course, even when a GARUBANO micro mirror exists in filler gas ambient atmospheres other than air, damping occurs according to the viscosity of the filler gas. If damping occurs, it will become difficult to control angle of rotation of the mirror section 8 quickly and with high precision. When it seems that the effect of damping carries out both-way rotation of the mirror section 8 a short period, it is especially large. However, since the through tube 16 is formed in the electrode substrate 2, generating of damping is controlled good. That is, since the thickness of the electrode substrate 2 is fully large compared with the gap between the mirror section 8 and the electrode substrate 2, the volume of a through tube 16 is large and at least this capacity can control generating of damping good. And since the through tube 16 is open for free passage to the exterior of a GARUBANO micro mirror and air can go in and out freely, it can control even to extent which can disregard generating of damping substantially.

[0038] Here, the effect to rotation of the mirror section 8 produced by reduction of the area of the electrode plates 18a and 18b by having formed the through tube 16 is considered. The electrostatic attraction F which acts between parallel plate electrodes is expressed with the following formula 1, when epsilon and an electrode surface product are set to A and it sets [the dielectric constant of an inter-electrode medium] V and inter-electrode distance to D for applied voltage.

[0039]

[Equation 1]

$$F = \frac{1}{2} \epsilon A \left(\frac{V}{D} \right)^2$$

[0040] When electrostatic attraction F acts between for example, electrode plate 14a and electrode plate 18a, running torque T which acts on the mirror section 8 is expressed with the following formula 2 when distance from the axis of the torsion-bar-spring section 10 is set to L.

[0041]

[Equation 2]

$$T = FL$$

[0042] Running torque T which acts on the mirror section 8 becomes so large that the distance

from the axis of the torsion-bar-spring section 10 is large so that clearly from the above-mentioned formula 2.

[0043] That is, although the electrode plates 18a and 18b of the 2nd electrode cannot be formed in the central part of the electrode substrate 2 but the area of the electrode plates 14a and 14b of the 1st electrode also becomes small as a result by having formed the through tube 16 at it, since the distance from the axis of the torsion-bar-spring section 10 is a small part, the contribution to running torque T which acts on the mirror section 8 is small [this part].

[0044] small as compared with the case where the width of face of the electrode plates 14a and 14b is 150 micrometers of each, and an electrode plate is specifically formed all over the principal plane of another side of the mirror section 8 with this operation gestalt — although it is 15% of surface ratio, 50% or more of running torque is obtained. Thus, even if it forms the through tube 16 of a big area, the running torque which acts on the mirror section 8 does not necessarily fall to the degree of pole.

[0045] Drawing 4 is the decomposition perspective view of the GARUBANO micro mirror in another operation gestalt, and gives the same sign to the component shown in drawing 1, and the component which has the same function. Thus, the circular through tube 16 may be formed in the electrode substrate 2. Without making a GARUBANO micro mirror enlarge, since area of the electrode plates 18a and 18b of the 2nd electrode formed around a through tube 16 can be enlarged without enlarging area of the electrode substrate 2, if it does in this way, running torque which acts on the mirror section 8 can be enlarged, or applied voltage to the electrode plates 18a and 18b can be made low.

[0046] A through tube 16 may be an ellipse form or an ellipse.

[0047] Drawing 5 is the sectional view of the GARUBANO micro mirror in still more nearly another operation gestalt, and gives the same sign to the component shown in drawing 1, and the component which has the same function. Thus, the 3rd electrode which becomes one principal plane of the mirror section 8 from one pair of electrode plates 22a and 22b may be prepared, and opposite arrangement of one pair of electrode plates 24a and 24b which constitute the 4th electrode to these electrode plates 22a and 22b may be carried out. That is, the supporter 28 of the shape of a rectangle frame which has opening 26 is formed on the mirror substrate 4, and the electrode plates 24a and 24b are formed in this supporter 28. The opening 26 of a supporter 28 is formed in order to pass the incident light and the reflected light to the mirror side 12. The magnitude of the electrode plates 22a and 22b is the same as the electrode plates 14a and 14b, and the electrode plates 14a and 14b and the electrode plates 22a and 22b have countered on both sides of the mirror section 8.

[0048] It connects mutually electrically and one electrode plate 22a of the 3rd electrode and electrode plate 22b of another side are grounded. It insulates mutually electrically and one electrode plate 24a of the 4th electrode and electrode plate 24b of another side are connected to the control unit outside drawing. As for these electrode plates 22a, 22b, 24a, and 24b, the insulating coat is formed in the exposure front face like the electrode plates 14a, 14b, 18a, and 18b.

[0049] In this GARUBANO micro mirror, when impressing an electrical potential difference to electrode plate 18a, the same electrical potential difference is impressed also to electrode plate 24b. If it does in this way, electrostatic attraction will act between electrode plate 24b and electrode plate 22b, and, thereby, the running torque centering on the axis of the torsion-bar-spring section 10 will act on the mirror section 8. The direction of this running torque is the same direction as the running torque which originates in the electrostatic attraction between electrode plate 18a and electrode plate 14a, and acts on the mirror section 8 so that clearly also from drawing 5. Therefore, as compared with the case where electrode plate 22b and electrode plate 24b are not prepared, the running torque which acts on the mirror section 8 increases. If it puts in another way, when generating the same running torque, the electrical potential difference impressed to electrode plate 18a can be reduced, or the area of the electrode plates 18a and 14a can be decreased, and the miniaturization of a GARUBANO micro mirror can be attained. For example, when applied voltage is the same, running torque is doubled, and when running torque is the same, applied voltage is made by 1 time [for a square root] 2.

[0050] Furthermore, sideslipping of the mirror section 8 can be abolished. This reason is explained referring to drawing 6 and drawing 7. Drawing 6 is an explanatory view of electrostatic attraction which acts on the mirror section 8 of the GARUBANO micro mirror shown in drawing 1, and drawing 7 is an explanatory view of electrostatic attraction which acts on the mirror section 8 of the GARUBANO micro mirror shown in drawing 5. In addition, in drawing 6 and drawing 7, the arrow head which shows component of a force F_x and F_y does not show the direction of the force, and the die length of an arrow head does not express the magnitude of the force.

[0051] Although electrostatic attraction will act between electrode plate 18a and electrode plate 14a if an electrical potential difference is impressed to electrode plate 18a, the force committed in the mirror section 8 with this electrostatic attraction has the component of a force F_x of a direction parallel to the mirror section 8, and the component of a force F_y of a perpendicular direction. For this reason, in the case of drawing 6, according to the component of a force F_x of a direction parallel to the mirror section 8, the mirror section 8 is pulled leftward [of drawing 6], and produces sideslipping.

[0052] On the other hand, like drawing 7, if an electrical potential difference is impressed to electrode plate 18a and coincidence at electrode plate 24b, electrostatic attraction will act between electrode plate 24b and electrode plate 22b. The component of a force F_x of a direction parallel to the mirror section 8 among the force committed in the mirror section 8 with this electrostatic attraction is the same magnitude as the component of a force F_x which originated in the electrostatic attraction which acts between electrode plate 18a and electrode plate 14a, and was produced, and the sense is hard flow. Therefore, the force of the direction where these both are parallel to the mirror section 8 in phase murder and the mirror section 8 will not work, and sideslipping of the mirror section 8 can be abolished. Of course, both collaborate and the mirror section 8 is made rotated about the component of a force F_y of a direction perpendicular to the mirror section 8.

[0053] Of course, also when impressing an electrical potential difference to electrode plate 18b and coincidence at electrode plate 24a, increment in running torque and prevention of sideslipping can be aimed at for the same reason as the above.

[0054] Drawing 8 and drawing 9 are the explanatory views of the manufacture process of the mirror substrate 4 in the GARUBANO micro mirror shown in drawing 5.

[0055] On the occasion of manufacture of the mirror substrate 4, first, as shown in (A) of drawing 8, the wafer 52 which consists of silicon is prepared.

[0056] Next, as shown in (B), oxide films 54a and 54b are formed in one principal plane of a wafer 52, and the principal plane of another side over the whole surface.

[0057] Next, as shown in (C), pattern formation of the resist film 56a is carried out to the front face of oxide film 54a. This pattern is for forming a base 6, the mirror section 8, and the torsion-bar-spring section 10. Moreover, resist film 56b is formed in the front face of oxide film 54b over the whole surface. And etching removes the part which is not covered with the resist film 56a and 56b among oxide films 54a and 54b.

[0058] Next, as shown in (D), the resist film 56a and 56b is removed, and a slot is formed in the part which is not covered with anisotropic etching with oxide films 54a and 54b among wafers 52.

[0059] Next, as shown in (E), it crosses all over one principal plane of a wafer 52, and the principal plane of another side, and the new oxide films 58a and 58b are formed.

[0060] Next, metal membranes 60a and 60b are formed in the front face of oxide films 58a and 58b over the whole surface like (F).

[0061] Next, pattern formation of the resist film 62a is carried out to the front face of metal membrane 60a like (G) of drawing 9. This pattern is for forming the mirror side 12 and the electrode plates 22a and 22b. Moreover, resist film 62b is formed in the front face of metal membrane 60b over the whole surface. And etching removes the part which is not covered with the resist film 62a and 62b among metal membranes 60a and 60b.

[0062] Next, like (H), the resist film 62a and 62b is removed, and new resist film 64a is formed in the front face of metal membrane 60a over the whole surface. Moreover, pattern formation of

the new resist film 64b is carried out to the front face of metal membrane 60b. This pattern is for forming the electrode plates 14a and 14b. And etching removes the part which is not covered with the resist film 64a and 64b among metal membranes 60a and 60b.

[0063] Next, like (I), the resist film 64a and 64b is removed, and new resist film 66a is formed in the exposure front face of oxide film 58a and metal membrane 60a over the whole surface.

Moreover, pattern formation of the new resist film 66b is carried out to the exposure front face of oxide film 58b and metal membrane 60b. This pattern is for forming a base 6, the mirror section 8, and the torsion-bar-spring section 10. And etching removes the part which is not covered with the resist film 66a and 66b among oxide films 58a and 58b.

[0064] Next, like (J), the resist film 66a and 66b is removed, and a slot is formed in the principal plane of another side of a wafer 52 by anisotropic etching. This depth of flute carries out until it reaches oxide-film 58a.

[0065] Next, etching removes the garbage of oxide-film 58a like (K). In this way, the mirror substrate 4 in the GARUBANO micro mirror shown in drawing 5 is completed. That is, the mirror side 12 and the electrode plates 22a and 22b are realized by metal membrane 60a, and the electrode plates 14a and 14b are realized by metal membrane 60b. Moreover, the body part of the mirror substrate 4 is realized by a wafer 52 and oxide films 58a and 58b.

[0066] Drawing 10 is the sectional view of the GARUBANO micro mirror in still more nearly another operation gestalt, and gives the same sign to the component shown in drawing 1 and drawing 5, and the component which has the same function. Thus, the lobe of the shape of one pair of straight line may be protruded on the electrode substrate 2 at one, and these lobes may constitute Stoppers 32a and 32b.

[0067] If it does in this way, stopper 32a can protect the collision with electrode plate 14a and electrode plate 18a, and the collision with electrode plate 22b and electrode plate 24b. Moreover, stopper 32b can protect the collision with electrode plate 14b and electrode plate 18b, and the collision with electrode plate 22a and electrode plate 24a. Therefore, the damage and adsorption by the collision of electrode plates can be prevented good.

[0068] That is, the electrostatic attraction which acts between electrode plate 14a and electrode plate 18a, and the electrostatic attraction which acts between electrode plate 22b and electrode plate 24b increase, so that an inter-electrode gap becomes small. For this reason, when the situation where the tilt angle of the mirror section 8 becomes large too much momentarily arises, it becomes out of control according to increase of electrostatic attraction, and the situation where electrode plates contact (pull-in) occurs rarely. Thus, although the electric short circuit resulting from damage on a wrap insulation coat, adsorption of electrode plates, etc. may generate damage on an electrode plate, and an electrode plate when electrode plates contact, generating of such a situation can be prevented good with Stoppers 32a and 32b.

[0069] Of course, especially the configuration of Stoppers 32a and 32b is not limited, and may constitute Stoppers 32a and 32b by two or more lobes arranged seriate. Moreover, Stoppers 32a and 32b may be formed in a supporter 28 or the mirror section 8.

[0070] Drawing 11 is the sectional view of the GARUBANO micro mirror in still more nearly another operation gestalt, and gives the same sign to the component shown in drawing 1 and drawing 5, and the component which has the same function. Thus, cross-section [of L characters]-like one pair of lobes may be protruded from the electrode substrate 2, and these lobes may constitute a supporter 28. In this operation gestalt, electrode plate 14a and electrode plate 22a are formed in one, and electrode plate 14b and electrode plate 22b are formed in one. In addition, of course, the above-mentioned supporter 28 may protrude on the base 6 of the mirror substrate 4.

[0071] In addition, in each above-mentioned operation gestalt, although one through tube 16 was formed, two or more through tubes 16 may be formed.

[0072] Moreover, in each above-mentioned operation gestalt, although the electrode plates 14a and 14b of the 1st electrode were grounded and the electrical potential difference was impressed to the electrode plates 18a and 18b of the 2nd electrode, the electrode plates 18a and 18b may be grounded, and an electrical potential difference may be impressed to the

electrode plates 14a and 14b.

[0073] Moreover, although the electrode plates 22a and 22b of the 3rd electrode were grounded after the above-mentioned 3rd operation gestalt and the electrical potential difference was impressed to the electrode plates 24a and 24b of the 4th electrode, the electrode plates 24a and 24b may be grounded, and electrode plate 22a and 22bb electrical potential differences may be impressed.

[0074] Moreover, by making mutually one electrode plates 14a, 18a, 22a, and 24a of each electrode, and the electrode plates 14b, 18b, 22b, and 24b of another side into the same configuration and the same dimension after the above-mentioned 3rd operation gestalt. Although it constituted so that the component of a force F_x of a direction parallel to the mirror section 8 which originates in electrostatic attraction and acts on the mirror section 8 might be offset. Other factors, such as an inter-electrode gap, are set up appropriately, without making mutually one electrode plates 14a, 18a, 22a, and 24a and the electrode plates 14b, 18b, 22b, and 24b of another side into the same configuration and the same dimension. You may constitute so that the component of a force F_x of a direction parallel to the mirror section 8 which originates in electrostatic attraction and acts on the mirror section 8 may be offset.

[0075] That is, naturally this invention includes each GARUBANO micro mirror of the following configurations.

[0076] A through tube is a GARUBANO micro mirror according to claim 4 which is a rectangle.

[0077] A through tube is a GARUBANO micro mirror according to claim 4 which is an ellipse form.

[0078] A perfect circle is also contained in an ellipse form.

[0079] The 1st electrode, the 2nd electrode, the 3rd electrode, and the 4th electrode are a centering on axis of the torsion-bar-spring section according to claim 7 GARUBANO [consist of one pair of electrode plates, respectively, and / plates / one pair each of / electrode / plate / of another side / one electrode plate and / electrode / by which it is mostly formed in the configuration of axial symmetry] micro mirror.

[0080] A supporter is a GARUBANO micro mirror according to claim 2 to 7 which is a frame-like.

[0081] It is the GARUBANO micro mirror according to claim 2 to 7 each supporter material of whose a supporter consists of one pair of supporter material, and is the cross section-like of L characters.

[0082]

[Effect of the Invention] Generating of damping can be prevented good, suppressing the rise of a manufacturing cost as much as possible, since the through tube which penetrates an electrode substrate in the thickness direction to a part of opposed face with the mirror section of an electrode substrate was formed according to this invention as explained above.

[0083] Moreover, according to this invention, the 3rd electrode is formed in one principal plane of the mirror section. Since the 4th electrode which forms the supporter relatively fixed to the location which does not interrupt the incident light and the reflected light to a mirror side to the electrode substrate and the mirror substrate, and counters a supporter at the 3rd electrode was formed. The electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 3rd electrode and the 4th electrode. Suppressing the rise of a manufacturing cost as much as possible, since the running torque which originates in the electrostatic attraction produced by impressing an electrical potential difference between the 1st electrode and the 2nd electrode, and acts on the mirror section is made to increase, a sideslip of the mirror section can be prevented good and, moreover, miniaturization of equipment and reduction of driver voltage can be realized.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the decomposition perspective view of the GARUBANO micro mirror concerning this invention.

[Drawing 2] It is the top view of the mirror section with which the GARUBANO micro mirror shown in drawing 1 was equipped.

[Drawing 3] It is the front view of the mirror section with which the GARUBANO micro mirror shown in drawing 1 was equipped.

[Drawing 4] It is the decomposition perspective view of the GARUBANO micro mirror in another operation gestalt.

[Drawing 5] It is the sectional view of the GARUBANO micro mirror in still more nearly another operation gestalt.

[Drawing 6] It is the explanatory view of electrostatic attraction which acts on the mirror section of the GARUBANO micro mirror shown in drawing 1.

[Drawing 7] It is the explanatory view of electrostatic attraction which acts on the mirror section of the GARUBANO micro mirror shown in drawing 5.

[Drawing 8] It is the explanatory view of the manufacture process of the mirror substrate in the GARUBANO micro mirror shown in drawing 5.

[Drawing 9] It is the explanatory view of the manufacture process of the mirror substrate in the GARUBANO micro mirror shown in drawing 5.

[Drawing 10] It is the sectional view of the GARUBANO micro mirror in still more nearly another operation gestalt.

[Drawing 11] It is the sectional view of the GARUBANO micro mirror in still more nearly another operation gestalt.

[Drawing 12] It is the top view of the conventional general GARUBANO micro mirror.

[Drawing 13] It is the sectional view of the conventional general GARUBANO micro mirror.

[Description of Notations]

2 Electrode Substrate

4 Mirror Substrate

6 Base

8 Mirror Section

10 Torsion-Bar-Spring Section

12 Mirror Side

14a, 14b Electrode plate

16 Through Tube

18a, 18b Electrode plate

22a, 22b Electrode plate

24a, 24b Electrode plate

26 Opening

28 Supporter

32a, 32b Stopper

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図

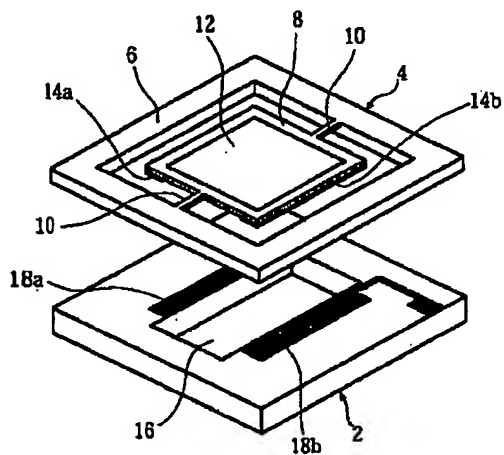
[Drawing 2]

図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の平面図

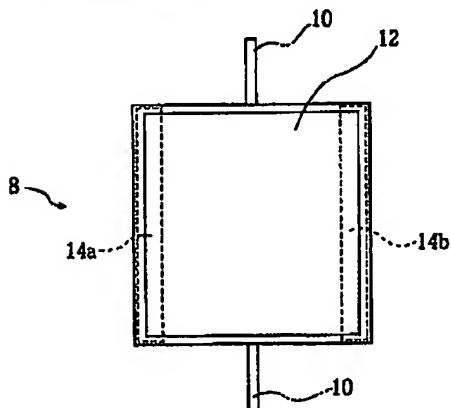
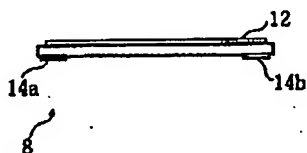
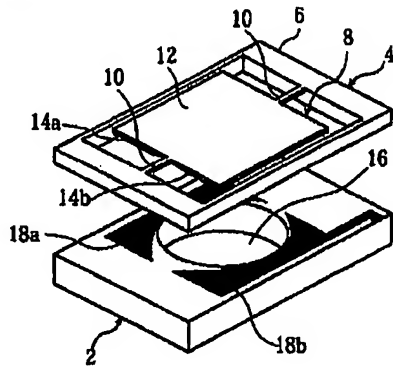
[Drawing 3]

図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の正面図



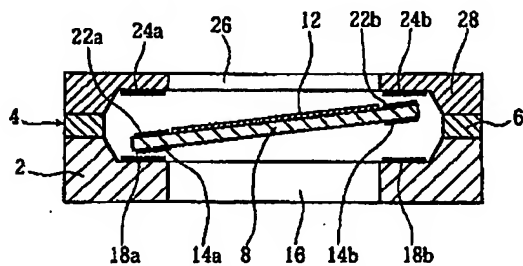
[Drawing 4]

別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの分解斜視図



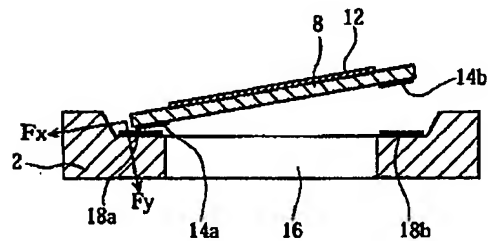
[Drawing 5]

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



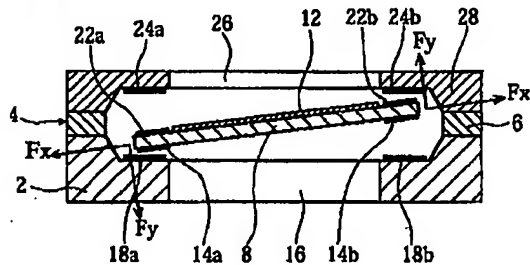
[Drawing 6]

図1に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図



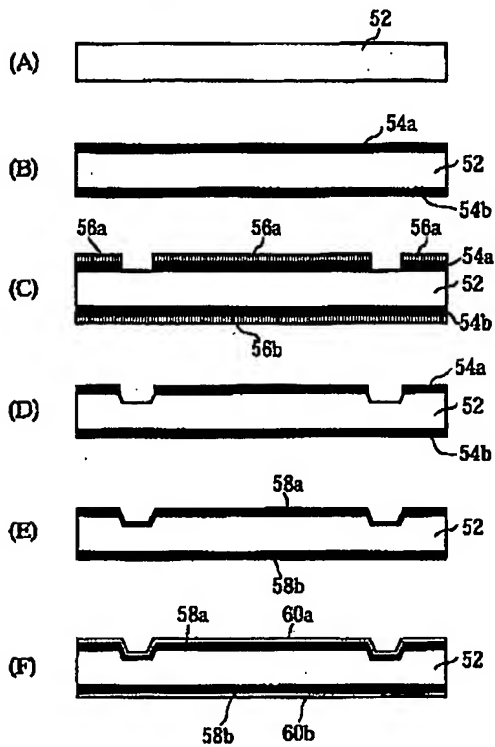
[Drawing 7]

図5に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図



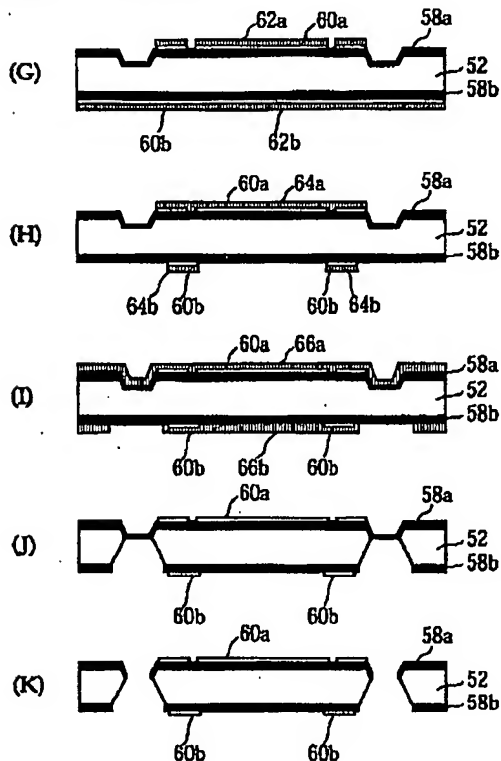
[Drawing 8]

図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図



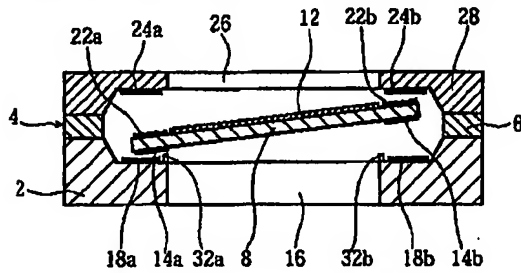
[Drawing 9]

図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図



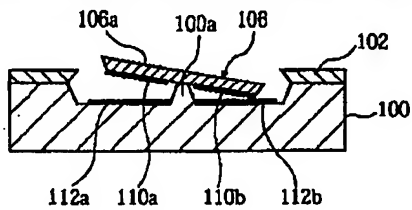
[Drawing 10]

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



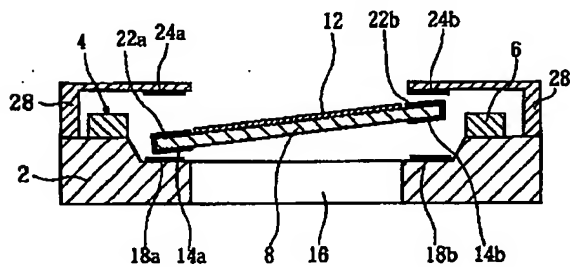
[Drawing 13]

従来の一般的なガルバノマイクロミラーの断面図



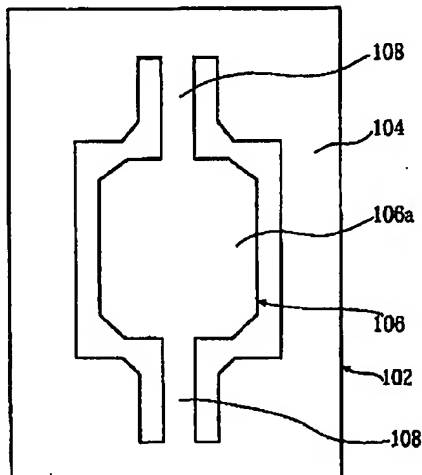
[Drawing 11]

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



[Drawing 12]

従来の一般的なガルバノマイクロミラーの平面図



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-13443
(P2001-13443A)

(43) 公開日 平成13年1月19日 (2001.1.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 2 B 26/10	1 0 4	G 0 2 B 26/10	1 0 4 2 H 0 4 1
			F 2 H 0 4 5
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-183253
(22) 出願日 平成11年6月29日 (1999.6.29)

(71) 出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号
(72) 発明者 上田 知史
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(72) 発明者 奥田 久雄
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(74) 代理人 100086380
弁理士 吉田 裕 (外2名)
Fターム (参考) 2H041 AA12 AB14 AC08 AZ02 AZ08
2H045 AB06 AB16 AB73

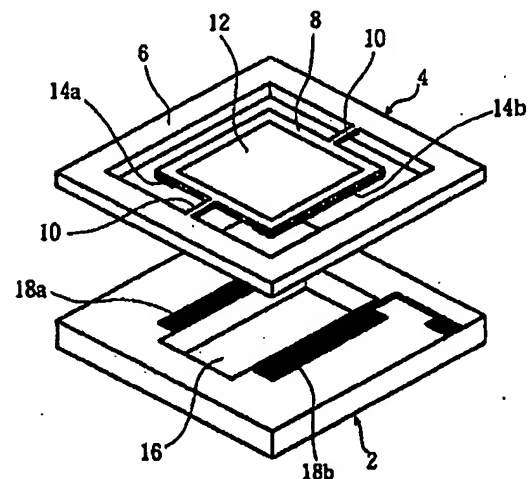
(54) 【発明の名称】 ガルバノマイクロミラー

(57) 【要約】

【課題】 製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できるガルバノマイクロミラーを提供する。

【解決手段】 枠状の基部6と、一方の主面に光を反射させるミラー面12が形成され、他方の主面に電極板14a、14bが形成されたミラー部8と、基部6とミラー部8とを連結し、かつミラー部8を所定の角度範囲で回転可能に支持するトーションバー部10を含むミラー基板4と、電極板14a、14bに対向する電極板18a、18bが形成された電極基板2とを有し、電極板14a、14bと電極板18a、18bとの間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部8をトーションバー部10の軸芯周りに微小角度回転させるガルバノマイクロミラーであって、電極基板2のミラー部8との対向面の一部に、電極基板2を厚み方向に貫通する貫通孔16を形成した。

本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 杵状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第 1 電極が形成されたミラー部と、前記基部と前記ミラー部とを連結し、かつ前記ミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部を含むミラー基板と、前記第 1 電極に対向する第 2 電極が形成された電極基板とを有し、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によって前記ミラー部を前記トーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、前記電極基板の前記ミラー部との対向面の一部に、前記電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラー。

【請求項 2】 杵状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第 1 電極が形成されたミラー部と、前記基部と前記ミラー部とを連結し、かつ前記ミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部を含むミラー基板と、前記第 1 電極に対向する第 2 電極が形成された電極基板とを有し、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によって前記ミラー部を前記トーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、前記ミラー部の一方の主面に、第 3 電極を形成し、前記ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、前記電極基板および前記ミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、前記支持部に、前記第 3 電極に対向する第 4 電極を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラー。

【請求項 3】 前記電極基板の前記ミラー部との対向面の一部に、前記電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成した、請求項 2 に記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項 4】 前記貫通孔は、前記トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されており、前記第 2 電極は、1 対の電極板からなり、前記貫通孔の周辺的位置に、前記トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されている、請求項 1 または 3 に記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項 5】 前記第 1 電極、前記第 2 電極、前記第 3 電極、および前記第 4 電極は、それぞれ 1 対の電極板からなり、前記各 1 対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、前記トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、前記第 1 電極の各電極板と前記第 3 電極の各電極板とは、互いに電氣的に接続されており、前記第 2 電極の一方の電極板と前記第 4 電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは前記第 2 電極の他方の電極板と前記第 4 電極の一方の電極板とに同

時に電圧を印加することにより、前記ミラー部に回転トルクを作用させる、請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項 6】 前記第 1 電極、前記第 2 電極、前記第 3 電極、および前記第 4 電極は、それぞれ 1 対の電極板からなり、

前記各 1 対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、前記トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、

前記第 2 電極の各電極板と前記第 4 電極の各電極板とは、互いに電氣的に接続されており、前記第 1 電極の一方の電極板と前記第 3 電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは前記第 1 電極の他方の電極板と前記第 3 電極の一方の電極板とに同時に電圧を印加することにより、前記ミラー部に回転トルクを作用させる、請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項 7】 前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力の前記ミラー部と平行な方向の分力が、前記第 3 電極と前記第 4 電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力の前記ミラー部と平行な方向の分力によって相殺される構成とした、請求項 2 ないし 6 のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項 8】 前記ミラー部の回動を所定範囲に規制して前記第 1 電極と前記第 2 電極との接触を防止するストッパを設けた、請求項 1 に記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項 9】 前記ミラー部の回動を所定範囲に規制して、前記第 1 電極と前記第 2 電極との接触、および前記第 3 電極と前記第 4 電極との接触を防止するストッパを設けた、請求項 2 ないし 7 のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【請求項 10】 前記ストッパは、前記電極基板に突設されている、請求項 8 または 9 に記載のガルバノマイクロミラー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、たとえば光ディスク装置などに用いられて、光ビームの照射位置を制御する、静電駆動方式のガルバノマイクロミラーに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の一般的な静電駆動方式のガルバノマイクロミラーは、たとえば「シリコン トーションアル スキャンニング ミラー (Silicon Torsional Scanning Mirror)」(IBM J. RES. and DEVELOP., Vol. 24, No. 5, Sep. 1980) に開示されている。このガルバノマイクロミラーは、図 12 および図 13 に示すように、電極基板 100 と、その上に位置するミラー基板 102 とを備えてい

る。ミラー基板102は、棒状の基部104と、一方の主面にミラー面106aが形成されたミラー部106と、基部104とミラー部106とを連結し、ミラー部106を回動可能に支持するトーションバー部108とを備えている。ミラー部106の他方の主面には、1対の電極板110a、110bからなる第1電極が形成されている。電極基板100には、第1電極の電極板110a、110bに対向する1対の電極板112a、112bからなる第2電極が形成されている。電極基板100には、ミラー部106に当接する直線状で断面山形の突起100aが一体に突設されており、この突起100aの後縁は、トーションバー部108の軸芯に沿っている。

【0003】このガルバノマイクロミラーは、第1電極の一方の電極板110aと第2電極の一方の電極板112aとの間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部106が図13において反時計回りの方向に回動する。また、第1電極の他方の電極板110bと第2電極の他方の電極板112bとの間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部106が図13のように時計回りの方向に回動する。このような静電引力は電極面積に比例することから、より低電圧で駆動するために、電極板110a、110bからなる第1電極は、ミラー部106の他方の主面のほぼ全面にわたって形成されており、その大きさに応じて第2電極の電極板112a、112bの大きさが決定されていた。

【0004】しかし、このような一般的なガルバノマイクロミラーでは、ミラー部106を駆動したときに、ミラー部106と電極基板100との間に存在する空気の影響でダンピングが発生し、ミラー部106を正確かつ迅速に制御することが困難であった。

【0005】そこで、電極基板のミラー部との対向面に多数の溝を形成することにより、ダンピングの軽減を図ったガルバノマイクロミラーが提案されている（たとえば特開平9-146034号公報参照）。

【0006】しかし、このようなガルバノマイクロミラーでは、溝の形成のために製造プロセスが複雑になることから、製造効率の低下などに起因して製造コストが上昇してしまう。また、単に溝を形成する構成では、ダンピングの軽減効果に限界があり、充分良好にダンピングを軽減させることができなかった。

【0007】また、上記従来の一般的なガルバノマイクロミラーでは、第1電極の一方の電極板110aと第2電極の一方の電極板112aとの間に電圧を印加したとき、および第1電極の他方の電極板110bと第2電極の他方の電極板112bとの間に電圧を印加したときに、静電引力の水平方向成分すなわちミラー部106と平行な方向の成分によって、ミラー部106が横滑りすることがあった。このような横滑りは、ミラー部106の姿勢を不確定に変化させる結果となり、所望の制御精

度を得られなくなってしまう。

【0008】そこで、ミラー部の他方の主面に、トーションバー部の軸芯に沿う一直線状の溝を形成するとともに、電極基板に断面山形の突出部を一直線状に突設し、ミラー部の溝に電極基板の突出部を嵌め込むことにより、ミラー部の横滑り防止を図ったガルバノマイクロミラーが提案されている（たとえば特開平5-119280号公報参照）。

【0009】しかし、このようなガルバノマイクロミラーでは、溝および突出部の位置や寸法などを高精度に形成する必要があり、このために製造コストが上昇してしまう。

【0010】

【発明の開示】本発明は、上記した事情のもとで考え出されたものであって、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できるガルバノマイクロミラーを提供することを、その課題とする。

【0011】さらに本発明は、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ミラー部の横滑りを良好に防止できるガルバノマイクロミラーを提供することを、他の課題とする。

【0012】上記の課題を解決するため、本発明では、次の技術的手段を講じている。

【0013】本発明の第1の側面によれば、棒状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第1電極が形成されたミラー部と、基部とミラー部とを連結し、かつミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部を含むミラー基板と、第1電極に対向する第2電極が形成された電極基板とを有し、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部をトーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラーが提供される。

【0014】本発明の第2の側面によれば、棒状の基部と、一方の主面に光を反射させるミラー面が形成され、他方の主面に第1電極が形成されたミラー部と、基部とミラー部とを連結し、かつミラー部を所定の角度範囲で回動可能に支持するトーションバー部を含むミラー基板と、第1電極に対向する第2電極が形成された電極基板とを有し、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより、静電引力によってミラー部をトーションバー部の軸芯周りに微小角度回動させるガルバノマイクロミラーであって、ミラー部の一方の主面に、第3電極を形成し、ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、電極基板およびミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、支持部に、第3電極に対向する第4電極を形成したことを特徴とする、ガルバノマイクロミラーが提供される。

【0015】好ましい実施の形態によれば、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成した。

【0016】他の好ましい実施の形態によれば、貫通孔は、トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されており、第2電極は、1対の電極板からなり、貫通孔の周辺位置に、トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されている。

【0017】他の好ましい実施の形態によれば、第1電極、第2電極、第3電極、および第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、第1電極の各電極板と第3電極の各電極板とは、互いに電気的に接続されており、第2電極の一方の電極板と第4電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは第2電極の他方の電極板と第4電極の一方の電極板とに同時に電圧を印加することにより、ミラー部に回転トルクを作用させる。

【0018】他の好ましい実施の形態によれば、第1電極、第2電極、第3電極、および第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、トーションバー部の軸芯の両側に分かれて配置されており、第2電極の各電極板と第4電極の各電極板とは、互いに電気的に接続されており、第1電極の一方の電極板と第3電極の他方の電極板とに同時に電圧を印加するか、あるいは第1電極の他方の電極板と第3電極の一方の電極板とに同時に電圧を印加することにより、ミラー部に回転トルクを作用させる。

【0019】他の好ましい実施の形態によれば、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー部と平行な方向の分力が、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー部と平行な方向の分力によって相殺される構成とした。

【0020】他の好ましい実施の形態によれば、ミラー部の回転を所定範囲に規制して第1電極と第2電極との接触を防止するストッパを設けた。

【0021】他の好ましい実施の形態によれば、ミラー部の回転を所定範囲に規制して、第1電極と第2電極との接触、および第3電極と第4電極との接触を防止するストッパを設けた。

【0022】他の好ましい実施の形態によれば、ストッパは、電極基板に突設されている。

【0023】本発明によれば、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したので、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できる。

【0024】すなわち、電極基板の厚みは、電極基板とミラー部との間隙に比べて相当に大きいので、電極基板とミラー部との間の容積との比較において貫通孔自体が

相当に大きな容積を有することになり、しかも、貫通孔は実質的に無限の大きさと考えられる空間に連通していることから、ミラー部の駆動時におけるダンピングの発生を良好に防止できるのである。しかも、電極基板に単に貫通孔を形成するだけであるので、電極基板とミラー部との対向面に多数の溝を形成するというような複雑な製造プロセスを要しないことから、製造コストの上昇を極力抑えることができる。

【0025】また本発明によれば、ミラー部の一方の主面に、第3電極を形成し、ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、電極基板およびミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、支持部に、第3電極に対向する第4電極を形成したので、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力が、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力に起因してミラー部に作用する回転トルクを増加させることから、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ミラー部の横滑りを良好に防止でき、しかも、装置の小型化や駆動電圧の低減を実現できる。

【0026】すなわち、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー基板と平行な方向の成分によって、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力のミラー基板と平行な方向の成分を相殺することが可能になるので、ミラー部の横滑りを良好に防止できる。また、単に第3電極および第4電極を形成するだけであり、電極基板やミラー部に一直線状の突出部や溝を高精度に形成する必要がないので、製造コストの上昇を極力抑えることができる。さらには、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力が、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力に起因してミラー部に作用する回転トルクを増加させるので、装置の小型化や駆動電圧の低減を実現できる。

【0027】本発明のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態を、添付図面を参照して具体的に説明する。

【0029】図1は、本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図であって、このガルバノマイクロミラーは、電極基板2と、ミラー基板4とを備えている。ミラー基板4は、シリコンあるいはアルミニウムなどから構成されており、枠状でかつ矩形の基部6と、矩形板状のミラー部8と、基部6とミラー部8とを連結し、かつミラー部8を所定の角度範囲で回転可能に支持する1対のトーションバー部10とを備えている。

【0030】ミラー部8の一方の主面には、高反射率の膜によりミラー面12が形成されており、ミラー部8の他方の主面には、1対の矩形の電極板14a、14bが

らなる第1電極が形成されている。ミラー基板4は、トーションバー部10の軸芯を中心とする線対称の構成である。

【0031】電極基板2のミラー部8との対向面には、矩形の貫通孔16と、1対の電極板18a、18bからなる第2電極とが形成されている。第2電極の一方の電極板18aは、第1電極の一方の電極板14aに対向しており、第2電極の他方の電極板18bは、第1電極の他方の電極板14bに対向している。貫通孔16は、トーションバー部10の軸芯を中心とする線対称の形状である。第2電極の電極板18aと電極板18bとは、貫通孔16の近傍に位置しており、トーションバー部10の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状である。

【0032】第1電極の電極板14aと電極板14bとは、電気的に互いに接続され、接地されている。第2電極の電極板18aと電極板18bとは、電気的に互いに絶縁され、図外の制御装置に接続されている。これらの電極板14a、14b、18a、18bは、露出表面に絶縁皮膜が形成されている。

【0033】図2は、ミラー部8の平面図、図3は、ミラー部8の正面図であって、ミラー面12は、ミラー部8の一方の主面のほぼ全域にわたって形成されている。第1電極の電極板14aと電極板14bとは、ミラー部8の他方の主面の両端部に各別に形成されており、トーションバー部10の軸芯と平行に延びている。電極板14aと電極板14bとは、トーションバー部10の軸芯を中心とする線対称の形状である。

【0034】本実施形態において、ミラー部8の寸法は、縦横それぞれ2mm、厚さが300μmである。トーションバー部10の寸法は、長さ500μm、幅15μm、厚さ50μmである。ミラー部8が回転していない状態において、ミラー部8と電極基板2との間隙は10μmである。第1電極の電極板14aおよび電極板14bの寸法は、各々長さがほぼ2mm、幅が150μmである。ミラー部8は、トーションバー部10の軸芯を中心として、±0.1度程度の範囲で傾斜角度を制御される。

【0035】次に動作を説明する。第2電極の一方の電極板18aに正あるいは負の電圧を印加すると、第1電極の一方の電極板14aは接地されているので、電極板14aと電極板18aとの間に静電引力が作用する。ここで、ミラー部8はトーションバー部10により支持されているので、ミラー部8には、図3において反時計回りの方向の回転トルクが作用することになる。この結果、トーションバー部10が捻じれ、ミラー部8がトーションバー部10の軸芯を中心として図3において反時計回りの方向に回転する。このときの回転角度は、静電引力に起因してミラー部8に作用する回転トルクと、捻じれに対するトーションバー部10の対抗力との関係によって決定される。すなわち、ミラー部8の回転角度

は、電極板18aに印加する電圧が高いほど大きくなる。したがって、電極板18aに印加する電圧を変化させることによって、ミラー部8の回転角度を任意に制御できる。このようにミラー部8の回転角度を制御することにより、ミラー部8のミラー面12に入射する光ビームの反射方向を変化させて、光ビームの照射位置を任意に制御できるのである。

【0036】上記の説明から当然に類推されるように、第2電極の他方の電極板18bに正あるいは負の電圧を印加した場合には、ミラー部8がトーションバー部10の軸芯を中心として図3において時計回りの方向に回転することになる。

【0037】ミラー部8と電極基板2との間の間隙は極僅かであるので、ミラー部8が回転すると、空気が圧縮および膨張され、空気の粘性によってダンピングが発生することになる。もちろん、ガルバノマイクロミラーが空気以外の充填ガス雰囲気中に存在する場合でも、その充填ガスの粘性によりダンピングが発生する。ダンピングが発生すると、ミラー部8の回転角度を迅速かつ高精度に制御することが困難になる。ダンピングの影響は、たとえばミラー部8を短い周期で往復回転させるような場合に、特に大きい。しかし、電極基板2には貫通孔16が形成されているので、ダンピングの発生が良好に抑制される。すなわち、ミラー部8と電極基板2との間の間隙に比べて、電極基板2の厚みは十分に大きいことから、貫通孔16の体積が大きく、この容量だけでもダンピングの発生を良好に抑制できる。しかも、貫通孔16はガルバノマイクロミラーの外部に連通しているので、空気が自由に出入りできることから、ダンピングの発生を実質的に無視できる程度にまで抑制できる。

【0038】ここで、貫通孔16を形成したことによる電極板18a、18bの面積の減少によって生じる、ミラー部8の回転に対する影響について考察する。平行平板電極間に作用する静電引力Fは、電極間の媒質の誘電率をε、電極面積をA、印加電圧をV、電極間距離をDとすると、下記数式1で表される。

【0039】

【数1】

$$F = \frac{1}{2} \epsilon A \left(\frac{V}{D} \right)^2$$

【0040】静電引力Fがたとえば電極板14aと電極板18aとの間に作用した場合、ミラー部8に作用する回転トルクTは、トーションバー部10の軸芯からの距離をLとすると、下記数式2で表される。

【0041】

【数2】

$$T = FL$$

【0042】上記数式2から明らかなように、ミラー部8に作用する回転トルクTは、トーションバー部10の

軸芯からの距離が大きいほど大きくなる。

【0043】すなわち、貫通孔1'6を形成したことにより、電極基板2の中央部分には、第2電極の電極板18a、18bを形成することができず、この結果第1電極の電極板14a、14bの面積も小さくなるが、この部分はトーションバー部10の軸芯からの距離が小さい部分であるので、ミラー部8に作用する回転トルクTへの寄与率が小さい。

【0044】具体的には、本実施形態では電極板14a、14bの幅が各々150 μ mであり、ミラー部8の他方の主面の全面に電極板を形成した場合と比較して、僅か15パーセントの面積比であるが、50パーセント以上の回転トルクが得られる。このように、大きな面積の貫通孔16を形成しても、ミラー部8に作用する回転トルクが極度に低下するということはない。

【0045】図4は、別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの分解斜視図であって、図1に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、電極基板2に円形の貫通孔16を形成してもよい。このようにすれば、電極基板2の面積を大きくすることなく、貫通孔16の周辺に形成する第2電極の電極板18a、18bの面積を大きくできるので、ガルバノマイクロミラーを大型化させることなく、ミラー部8に作用する回転トルクを大きくでき、あるいは電極板18a、18bへの印加電圧を低くできる。

【0046】貫通孔16は、楕円形あるいは長円形であってもよい。

【0047】図5は、さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図であって、図1に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、ミラー部8の一方の主面に、1対の電極板22a、22bからなる第3電極を設け、これら電極板22a、22bに、第4電極を構成する1対の電極板24a、24bを対向配置してもよい。すなわち、ミラー基板4の上に、開口部26を有する矩形枠状の支持部28を設け、この支持部28に電極板24a、24bを形成するのである。支持部28の開口部26は、ミラー面12への入射光および反射光を通過させるために形成されている。電極板22a、22bの大きさは、電極板14a、14bと同じであり、電極板14a、14bと電極板22a、22bとは、ミラー部8を挟んで対向している。

【0048】第3電極の一方の電極板22aと他方の電極板22bとは、電気的に互いに接続され、接地されている。第4電極の一方の電極板24aと他方の電極板24bとは、電気的に互いに絶縁され、図外の制御装置に接続されている。これらの電極板22a、22b、24a、24bは、電極板14a、14b、18a、18bと同様に、露出表面に絶縁皮膜が形成されている。

【0049】このガルバノマイクロミラーにおいては、

電極板18aに電圧を印加する場合、同じ電圧を電極板24bにも印加する。このようにすれば、電極板24bと電極板22bとの間に静電引力が作用し、これによりミラー部8に、トーションバー部10の軸芯を中心とする回転トルクが作用する。この回転トルクの方向は、図5からも明かなように、電極板18aと電極板14aとの間の静電引力に起因してミラー部8に作用する回転トルクと同じ方向である。したがって、電極板22bおよび電極板24bを設けない場合と比較して、ミラー部8に作用する回転トルクが増加する。換言すれば、同じ回転トルクを発生させる場合に、電極板18aに印加する電圧を低減させることができ、あるいは、電極板18a、14aの面積を減少させてガルバノマイクロミラーの小型化を図ることができる。たとえば、印加電圧が同じ場合は回転トルクを2倍にでき、回転トルクが同じ場合は印加電圧を2の平方根分の1倍にできる。

【0050】さらに、ミラー部8の横すべりをなくすることができる。この理由について、図6および図7を参照しながら説明する。図6は、図1に示すガルバノマイクロミラーのミラー部8に作用する静電引力の説明図であり、図7は、図5に示すガルバノマイクロミラーのミラー部8に作用する静電引力の説明図である。なお、図6および図7において、分力 F_x 、 F_y を示す矢印は、力の方向を示しているものであって、矢印の長さが力の大きさを表すものではない。

【0051】電極板18aに電圧を印加すると、電極板18aと電極板14aとの間に静電引力が作用するが、この静電引力によってミラー部8に働く力は、ミラー部8と平行な方向の分力 F_x と垂直な方向の分力 F_y とを有している。このため、図6の場合には、ミラー部8と平行な方向の分力 F_x によってミラー部8が図6の左方向に引っ張られ、横すべりを生じる。

【0052】一方、図7のように、電極板18aと同時に電極板24bに電圧を印加すると、電極板24bと電極板22bとの間に静電引力が作用する。この静電引力によってミラー部8に働く力のうち、ミラー部8と平行な方向の分力 F_x は、電極板18aと電極板14aとの間に作用する静電引力に起因して生じた分力 F_x と同じ大きさで、向きが逆方向である。したがって、これら両者が相殺し、ミラー部8にはミラー部8と平行な方向の力が働かないことになり、ミラー部8の横すべりをなくすることができる。もちろん、ミラー部8と垂直な方向の分力 F_y については、両者が協働してミラー部8を回転させることになる。

【0053】もちろん、電極板18bと同時に電極板24aに電圧を印加する場合にも、上記と同様の理由により、回転トルクの増加および横すべりの防止を図ることができる。

【0054】図8および図9は、図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板4の製造プロセスの説

明図である。

【0055】ミラー基板4の製造に際しては、先ず、図8の(A)のように、シリコンからなるウェハ52を用意する。

【0056】次に(B)のように、ウェハ52の一方の主面および他方の主面に、全面にわたって酸化膜54a、54bを形成する。

【0057】次に(C)のように、酸化膜54aの表面に、レジスト膜56aをパターン形成する。このパターンは、基部6とミラー部8とトーションバー部10とを形成するためのものである。また酸化膜54bの表面に、全面にわたってレジスト膜56bを形成する。そしてエッチングにより、酸化膜54a、54bのうちレジスト膜56a、56bによって覆われていない部分を除去する。

【0058】次に(D)のように、レジスト膜56a、56bを除去し、異方性エッチングにより、ウェハ52のうち酸化膜54a、54bによって覆われていない部分に溝を形成する。

【0059】次に(E)のように、ウェハ52の一方の主面および他方の主面の全面にわたって、新たな酸化膜58a、58bを形成する。

【0060】次に(F)のように、酸化膜58a、58bの表面に、全面にわたって金属膜60a、60bを形成する。

【0061】次に、図9の(G)のように、金属膜60aの表面に、レジスト膜62aをパターン形成する。このパターンは、ミラー面12と電極板22a、22bとを形成するためのものである。また金属膜60bの表面に、全面にわたってレジスト膜62bを形成する。そしてエッチングにより、金属膜60a、60bのうちレジスト膜62a、62bによって覆われていない部分を除去する。

【0062】次に、(H)のように、レジスト膜62a、62bを除去し、金属膜60aの表面に、全面にわたって新たなレジスト膜64aを形成する。また金属膜60bの表面に、新たなレジスト膜64bをパターン形成する。このパターンは、電極板14a、14bを形成するためのものである。そしてエッチングにより、金属膜60a、60bのうちレジスト膜64a、64bによって覆われていない部分を除去する。

【0063】次に、(I)のように、レジスト膜64a、64bを除去し、酸化膜58aおよび金属膜60aの露出表面に全面にわたって新たなレジスト膜66aを形成する。また酸化膜58bおよび金属膜60bの露出表面に、新たなレジスト膜66bをパターン形成する。このパターンは、基部6とミラー部8とトーションバー部10とを形成するためのものである。そしてエッチングにより、酸化膜58a、58bのうちレジスト膜66a、66bによって覆われていない部分を除去する。

【0064】次に、(J)のように、レジスト膜66a、66bを除去し、異方性エッチングにより、ウェハ52の他方の主面に溝を形成する。この溝の深さは、酸化膜58aに到達するまでとする。

【0065】次に、(K)のように、エッチングにより、酸化膜58aの不要部分を除去する。かくして、図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板4が完成する。すなわち、金属膜60aによってミラー面12と電極板22a、22bとが実現され、金属膜60bによって電極板14a、14bが実現される。また、ウェハ52と酸化膜58a、58bとによって、ミラー基板4の本体部分が実現される。

【0066】図10は、さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図であって、図1および図5に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、電極基板2に1対の直線状の突出部を一体に突設し、これらの突出部によりストッパ32a、32bを構成してもよい。

【0067】このようにすれば、ストッパ32aにより、電極板14aと電極板18aとの衝突、および電極板22bと電極板24bとの衝突を防ぐことができる。また、ストッパ32bにより、電極板14bと電極板18bとの衝突、および電極板22aと電極板24aとの衝突を防ぐことができる。したがって、電極板同士の衝突による損傷や吸着を良好に防止できる。

【0068】すなわち、電極板14aと電極板18aとの間に作用する静電引力、および電極板22bと電極板24bとの間に作用する静電引力は、電極間ギャップが小さくなるほど増大する。このため、ミラー部8の傾斜角が瞬間的に大きくなり過ぎる事態が生じたとき、静電引力の増大によって制御不能となり、電極板同士が接触(pull-in)してしまう事態が稀に発生する。このように電極板同士が接触すると、電極板の損傷や、電極板を覆う絶縁皮膜の損傷に起因する電気的な短絡や、電極板同士の吸着などが発生することがあるが、このような事態の発生をストッパ32a、32bにより良好に防止できるのである。

【0069】もちろん、ストッパ32a、32bの形状は特に限定されるものではなく、列状に配置された複数の突出部によりストッパ32a、32bを構成してもよい。また、ストッパ32a、32bは、支持部28あるいはミラー部8に設けてもよい。

【0070】図11は、さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図であって、図1および図5に示す構成要素と同一の機能を有する構成要素には同一の符号を付している。このように、電極基板2から断面L字状の1対の突出部を突設し、これらの突出部により支持部28を構成してもよい。この実施形態においては、電極板14aと電極板22aとが一体に形成されており、電極板14bと電極板22bとが一体に形成され

ている。なお、上記支持部28は、もちろん、ミラー基板4の基部6に突設してもよい。

【0071】なお、上記各実施形態においては、貫通孔16を1個設けたが、貫通孔16を複数個設けてもよい。

【0072】また、上記各実施形態においては、第1電極の電極板14a、14bを接地し、第2電極の電極板18a、18bに電圧を印加したが、電極板18a、18bを接地し、電極板14a、14bに電圧を印加してもよい。

【0073】また、上記第3実施形態以降においては、第3電極の電極板22a、22bを接地し、第4電極の電極板24a、24bに電圧を印加したが、電極板24a、24bを接地し、電極板22a、22bに電圧を印加してもよい。

【0074】また、上記第3実施形態以降においては、各電極の一方の電極板14a、18a、22a、24aと他方の電極板14b、18b、22b、24bとを、互いに同一の形状および寸法にすることにより、静電引力に起因してミラー部8に作用するミラー部8と平行な方向の分力Fxを相殺するように構成したが、一方の電極板14a、18a、22a、24aと他方の電極板14b、18b、22b、24bとを互いに同一の形状および寸法にすることなく、電極間ギャップなどの他の要因を適切に設定して、静電引力に起因してミラー部8に作用するミラー部8と平行な方向の分力Fxを相殺するように構成してもよい。

【0075】すなわち本発明は、以下のような構成の各ガルバノマイクロミラーを当然に包含する。

【0076】貫通孔は、矩形である、請求項4に記載のガルバノマイクロミラー。

【0077】貫通孔は、楕円形である、請求項4に記載のガルバノマイクロミラー。

【0078】楕円形には、真円も含まれる。

【0079】第1電極、第2電極、第3電極、および第4電極は、それぞれ1対の電極板からなり、各1対の電極板は、一方の電極板と他方の電極板とが、トーションバー部の軸芯を中心とするほぼ線対称の形状に形成されている、請求項7に記載のガルバノマイクロミラー。

【0080】支持部は、棒状である、請求項2ないし7のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【0081】支持部は、1対の支持部材からなり、各支持部材は、断面L字状である、請求項2ないし7のいずれかに記載のガルバノマイクロミラー。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電極基板のミラー部との対向面の一部に、電極基板を厚み方向に貫通する貫通孔を形成したので、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ダンピングの発生を良好に防止できる。

【0083】また本発明によれば、ミラー部の一方の主面に、第3電極を形成し、ミラー面への入射光および反射光を遮らない位置に、電極基板およびミラー基板に対して相対的に固定された支持部を設け、支持部に、第3電極に対向する第4電極を形成したので、第3電極と第4電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力が、第1電極と第2電極との間に電圧を印加することにより生じる静電引力に起因してミラー部に作用する回転トルクを増加させることから、製造コストの上昇を極力抑えつつ、ミラー部の横滑りを良好に防止でき、しかも、装置の小型化や駆動電圧の低減を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図である。

【図2】図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の平面図である。

【図3】図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の正面図である。

【図4】別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの分解斜視図である。

【図5】さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図である。

【図6】図1に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図である。

【図7】図5に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図である。

【図8】図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図である。

【図9】図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図である。

【図10】さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図である。

【図11】さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図である。

【図12】従来の一般的なガルバノマイクロミラーの平面図である。

【図13】従来の一般的なガルバノマイクロミラーの断面図である。

【符号の説明】

- 2 電極基板
- 4 ミラー基板
- 6 基部
- 8 ミラー部
- 10 トーションバー部
- 12 ミラー面
- 14a、14b 電極板
- 16 貫通孔
- 18a、18b 電極板
- 22a、22b 電極板
- 24a、24b 電極板

(9)

特開2001-13443

16

* 32a, 32b ストップ

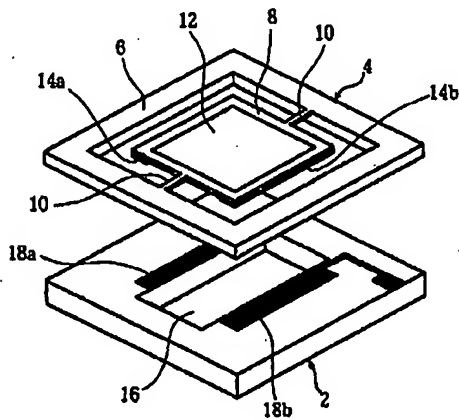
*

26 開口部
28 支持部

15

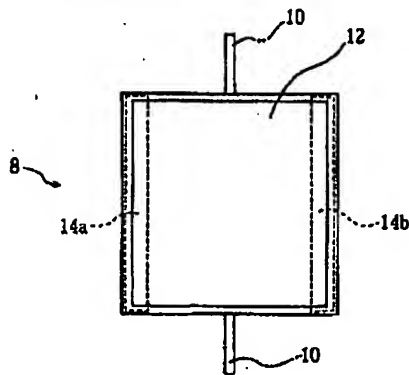
【図1】

本発明に係るガルバノマイクロミラーの分解斜視図



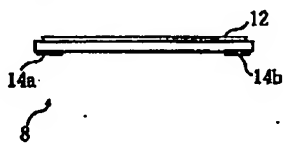
【図2】

図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の平面図



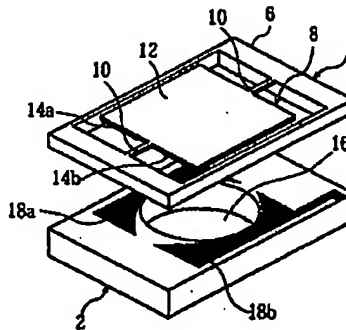
【図3】

図1に示すガルバノマイクロミラーに備えられたミラー部の正面図



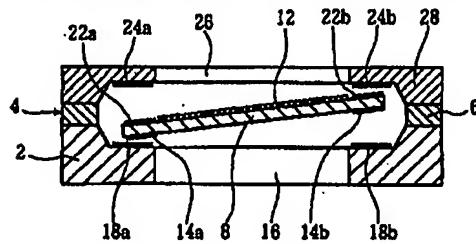
【図4】

別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの分解斜視図



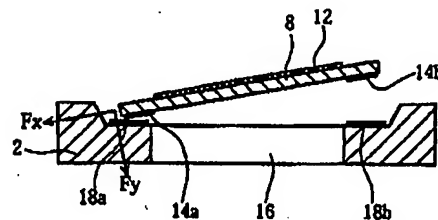
【図5】

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



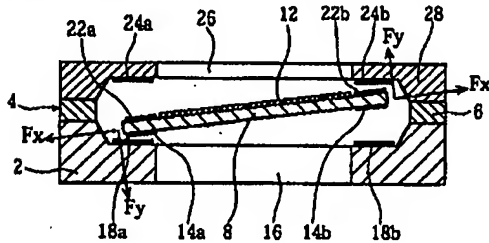
【図6】

図1に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図



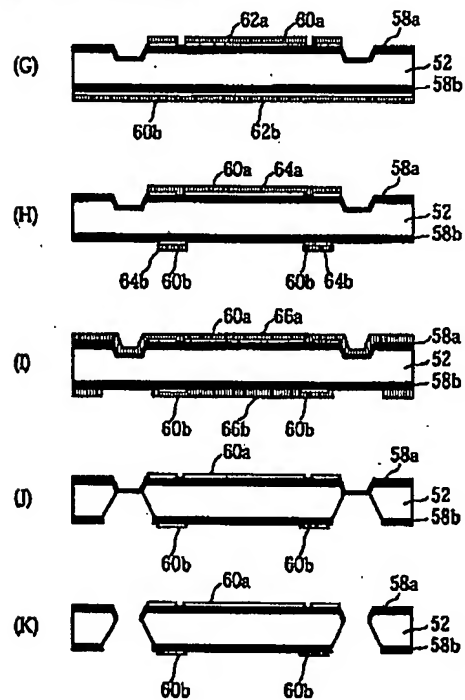
【図7】

図5に示すガルバノマイクロミラーのミラー部に作用する静電引力の説明図



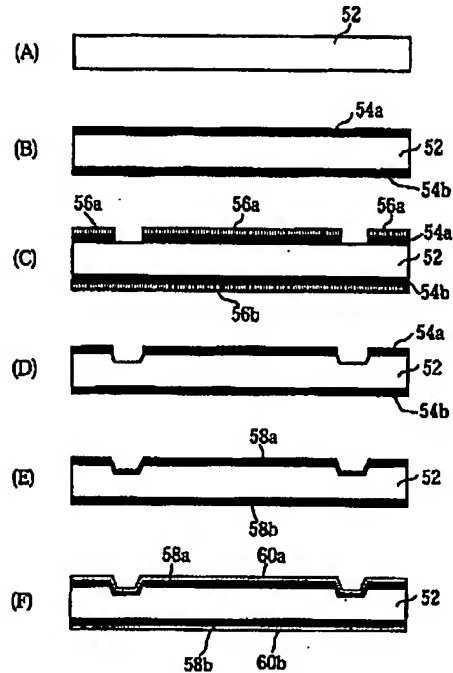
【図9】

図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図



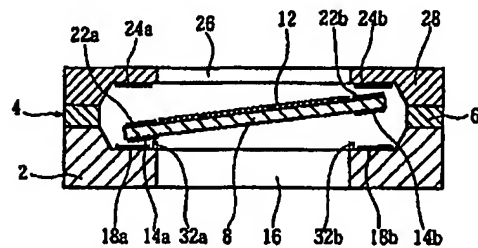
【図8】

図5に示すガルバノマイクロミラーにおけるミラー基板の製造プロセスの説明図



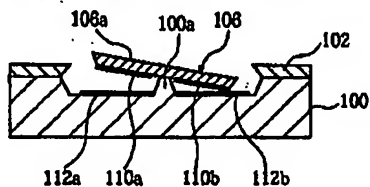
【図10】

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



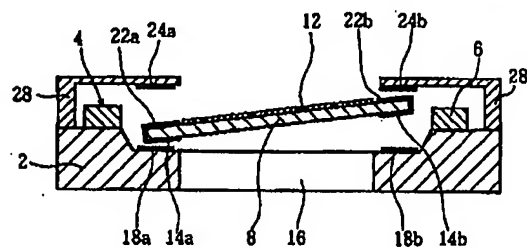
【図13】

従来の一般的なガルバノマイクロミラーの断面図



【図11】

さらに別の実施形態におけるガルバノマイクロミラーの断面図



【図12】

従来の一般的なガルバノマイクロミラーの平面図

